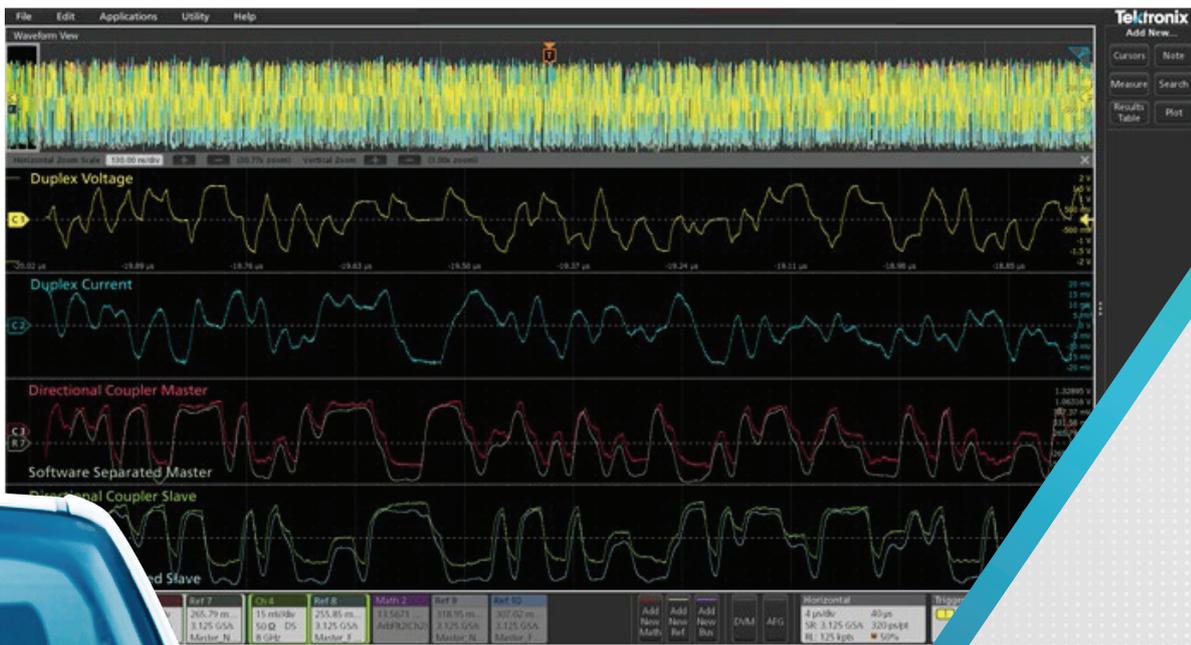


汽车以太网： 查看真实信号

应用指南



引言

随着汽车行业加快转向汽车以太网技术，全方位设计验证对保证多个 ECU 之间的互操作能力和可靠运行至关重要。本应用指南介绍了汽车以太网、全双工通信、隔离主信号与从信号的需求、信号分隔测试方法，以及当前定向耦合器插入方法与泰克新型信号隔离方法比较。

汽车以太网

汽车以太网概念是由 OPEN 联盟 SIG 提出来的，也叫 IEEE 802.3bw (原 BroadR-Reach)，是为汽车联网应用设计的一种以太网物理层标准，如高级安全功能、舒适和信息娱乐功能。通过汽车以太网，多个车载系统可以经过一条非屏蔽单绞线电缆同时访问信息。对汽车制造商来说，这一技术降低了联网成本和线缆重量，同时提高了信号带宽。

为实现更高的信号带宽，汽车以太网在双绞线电缆上采用全双工通信链路，支持同时收发功能及 PAM3 信号。采用 PAM3 实现全双工通信，可能会令查看汽车以太网业务及信号完整性测试变得非常复杂。

OPEN 联盟为元器件、信道和互操作能力制订了汽车以太网测试规范。测试系统整合了电子控制单元 (ECU)、连接器和非双绞线电缆。测试要求系统在车内苛刻的环境条件和噪声条件下工作。为此，用户必需能够在系统级表征和查看信号完整性和业务，才能执行可靠性测试。

客户需要在系统级进行信号完整性测试的应用实例有：

- TC8 信号质量测试
- ECU 元器件表征和测试
- 汽车以太网电缆、连接器、电缆长度和路由表征和测试
- 电磁噪声或高斯噪声测试
- 大电流注入测试
- 生产单元测试
- 汽车系统对汽车以太网性能的影响
 - DC 马达开 / 关
 - 发动机开 / 关
- 汽车以太网系统调试

建议在设计阶段执行信号完整性测试，在系统整合前确定潜在的问题。

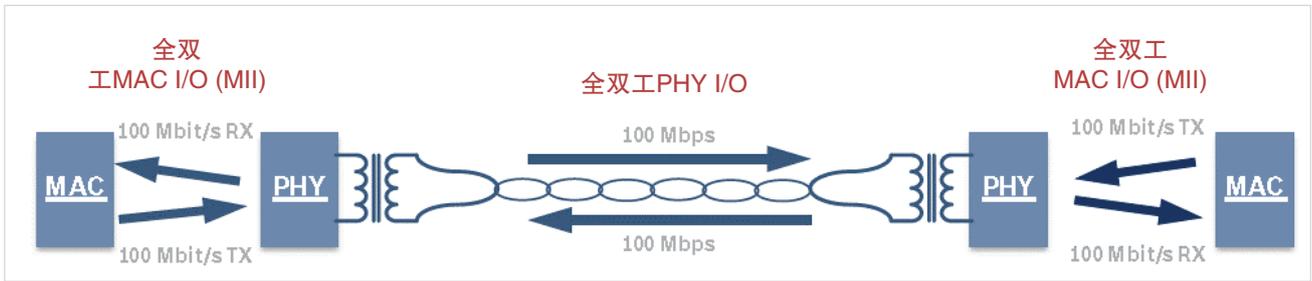
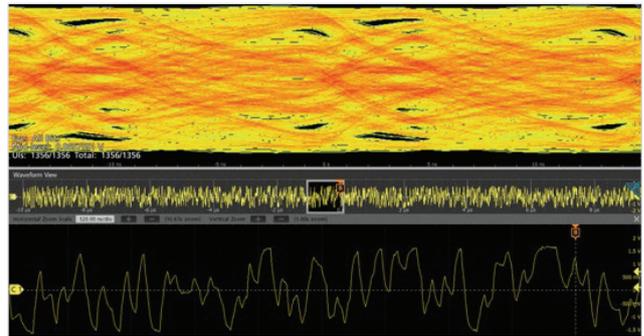


图 1：汽车以太网全双工通信链条。

全双工通信和测试挑战

如前所述，全双工通信及 PAM3 信令为在真实世界条件下验证 ECU 增加了复杂度。大多数串行标准都在单工模式下工作，一次只有一台设备通信，有些通信标准对发送和接收使用一条单独的链路，而在汽车以太网中，主设备和从设备可以通过同一条链路同时通信。(参见图 1)

因此，来自主设备的信号与来自从设备的信号相互叠加。主设备知道它发送的是哪些数据，它可以从叠加的信号中确定从设备的信号，反之亦然。尽管收发机是为处理这种情况而设计的，但在示波器上隔离信号，进行信号完整性测试或协议解码几乎是不可能的。



主信号与从信号没有分开时看到的汽车以太网信号。

为了在链路上进行信号完整性分析，使用示波器在实际系统环境中进行协议解码，汽车设计人员必需分开查看每条链路，用户必须先把信号分开，然后再进行分析。

应该指出的是，最好在汽车整合阶段执行信号完整性测试，选择电缆，检查 ECU 在电磁噪声条件下的性能，确定最优的电缆长度和路由等。对这类分析，可以把眼图测试作为非常重要的工具，来查看系统健康状况，我们在后面将对此展开讨论。

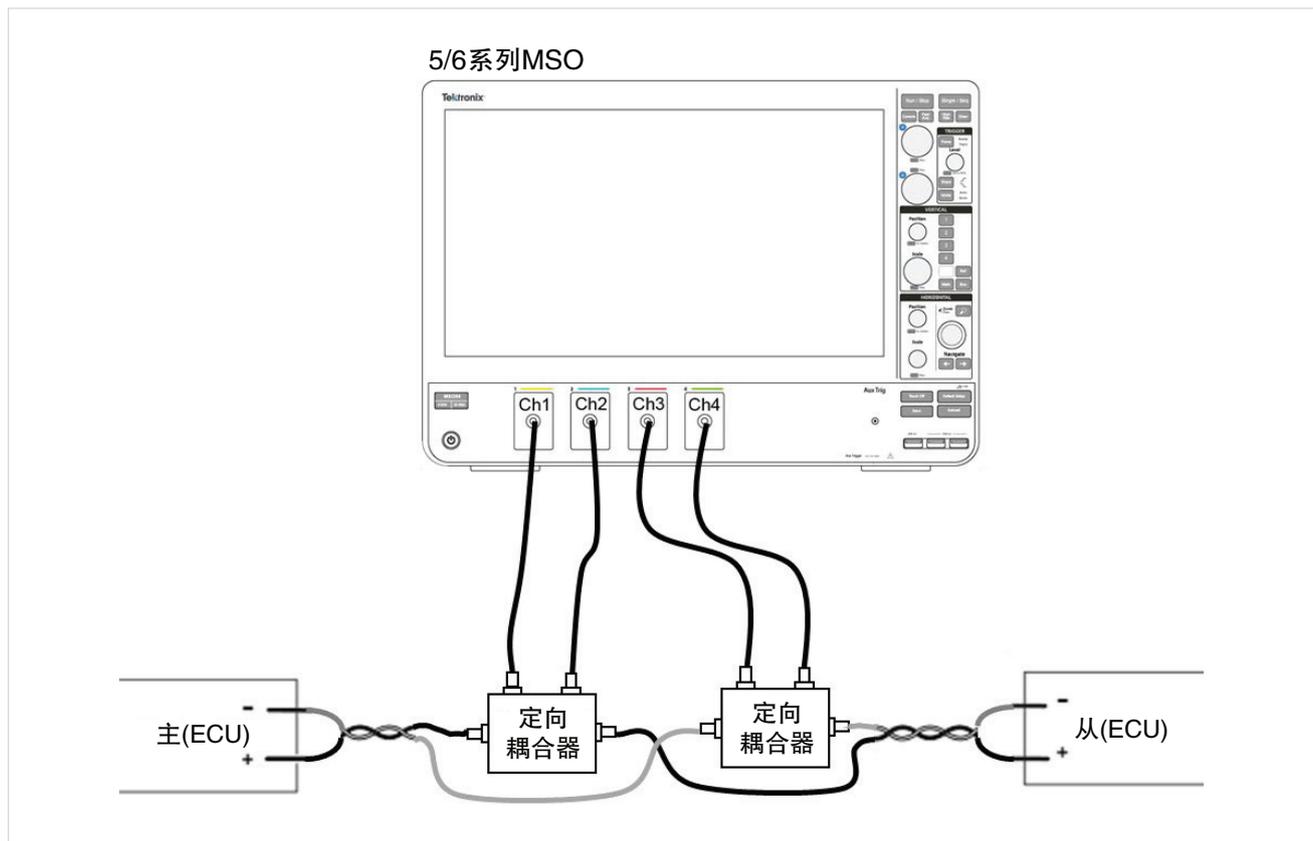
分隔汽车以太网 PAM3 信号

目前，有两种方法把主信号与从信号分开。第一种是传统方法，要求用户断开或剪断汽车以太网电缆，插入定向耦合器来分隔和测试信号。这种方法在以最最小干扰实现准确测试方面本身存在着缺陷。第二种方法也就是泰克信号分隔方法，这是一种新方法，采用先进的软件和探头，非插入式分隔信号，用户可以更清楚地查看真实的信号。这种方法克服了传统定向耦合器方法的缺点。下面我们将讨论并比较这两种方法。

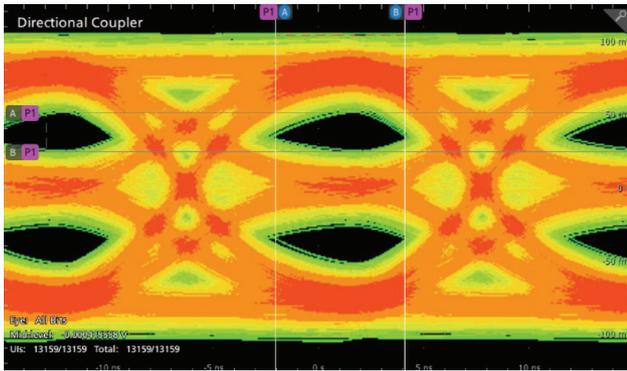
定向耦合器方法

如前所述，定向耦合器方法要求断开汽车以太网电缆，手入定向耦合器分隔信号。在系统级剪断电缆并不是一件易事，因此这种方法并不适合进行系统级测试。

通过这种方法，用户可以查看主信号和从信号，但它引入了插损和回损，很难确定错误是系统引起的，还是新增硬件引起的。此外，尽管我们可能能够消除定向耦合器的影响，但反嵌可能会放大系统中的噪声，影响测量和表征精度。



定向耦合器方法



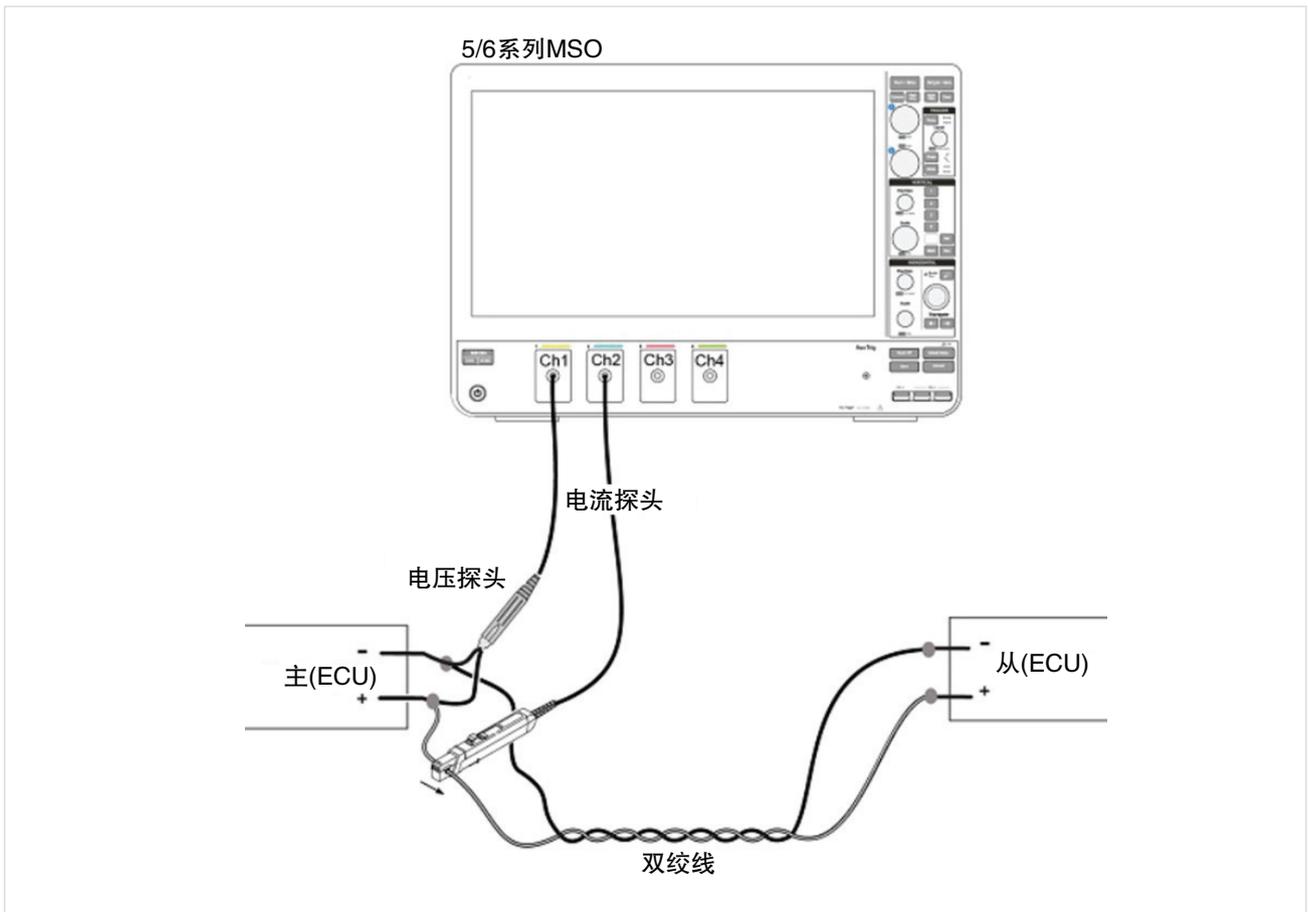
主信号的眼图显示了定向耦合器插损和回损的影响

我们使用的设置包括把汽车以太网转换到 SMA 连接器的夹具、定向耦合器、把 SMA 转换到汽车以太网电缆的夹具。

眼图显示了在安装定向耦合器后插损和回损对汽车以太网信号的影响。最大幅度是 100 mVpp，因为定向耦合器采用定向原理工作。插损和回损结果使眼图闭合。直到最近，定向耦合器方法一直是默认的汽车以太网测试方法，因为之前一直没有泰克基于软件的信号分隔测试方法。

泰克信号分隔方法

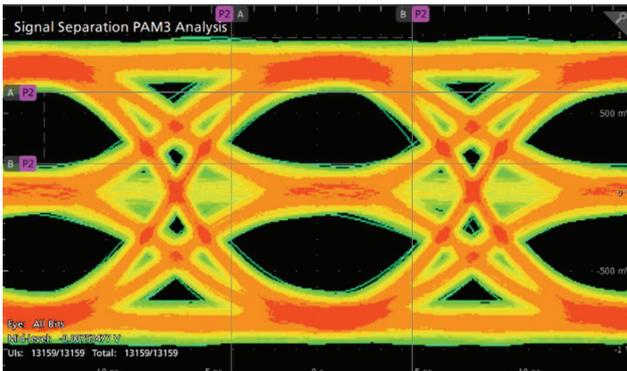
泰克信号分隔方法于 2019 年 7 月问世，它同时从主测试点和从测试点查看电压波形和电流波形，来分隔全双工信号，并采用专有软件算法提供分隔后的信号。泰克信号分隔方法是一种基于软件的解决方案，它不用剪断汽车以太网电缆，用户就能看到真实信号。这



泰克信号分隔方法

种方法的优势之一，是它可以显示主信号和从信号，而不会像定向耦合器方法那样增加插损和回损及反嵌影响。

下面的眼图采用泰克信号分隔软件。与定向耦合器眼图相比，信号质量更高，眼图“更清楚”。用户可以准确地表示汽车以太网信号，实现信号质量测量，并能够更快地确定潜在的性能问题。

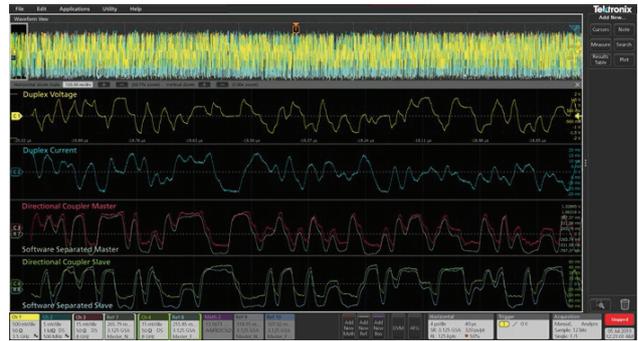


采用泰克信号分隔软件的主信号的眼图

信号分隔方法与定向耦合方法比较

我们使用上面提到的两种测试方法，进行测量测试，对比测试结果。

在测试中，我们先使用泰克信号分隔技术、一只电流探头和电压探头设置和运行测试。对定向耦合器方法，我们剪断汽车以太网电缆，插入带有 SMA 连接器的定向耦合器。然后我们运行测试，测试条件与定向耦合器方法相同，然后调用信号分隔方法波形，对比这两种测试方法。



泰克信号分隔方法和定向耦合方法的测试结果对比

比较结果显示，这两种方法的幅度存在着明显差异，说明了定向耦合器的影响。在采用定向耦合器方法时，主信号的幅度约为 90 mVpp (峰峰值电压)，从信号的幅度约为 85 mVpp。相比之下，信号分隔方法中主信号的幅度约为 1.5 Vpp，从信号的幅度约为 1.45 Vpp。在本例中，定向耦合器增加了 20 dB 损耗。

为消除定向耦合器引入的断点，反嵌必不可少，以补偿插损和回损。如前所述，尽管有可能能够消除定向耦合器的影响，但反嵌可能会放大系统中的噪声，影响测量和表征精度。还应该指出，反嵌可能会耗用很长时间，极具挑战性。此外，对汽车的系统级测试和维护保养来说，剪断电缆、安装定向耦合器可能会极具挑战性。

相比之下，信号分隔方法不用干扰系统就能显示真实信号。通过这种全新的汽车以太网测试方法，用户可以表征信号，精度更高，时间更少，而且不会增加费用和测量挑战。用户可以使用这种方法，在系统级执行信号完整性测试，执行应用环境中提供的所有测试。

小结

在本文中，我们介绍了汽车以太网、全双工通信、隔离主信号与从信号的需求、信号分隔测试方法，以及当前定向耦合器插入方法与泰克新型信号隔离方法比较。

通过比较两种汽车以太网测试方法，我们展示了泰克信号分隔解决方案的优势，如比定向耦合器信号方法更准确地查看真实信号，简化了元器件级和系统级测试设置，缩短了测试时间，满足了汽车整个生命周期的测试需要。

如需进一步了解如何使用 PAM3 分析工具及泰克测试解决方案分隔信号，进行汽车以太网信号完整性分析，敬请访问：www.tek.com/automotive/automotive-ethernet 或联系泰克代表。



泰克官方微信

如需所有最新配套资料，请立即与泰克本地代表联系！

或登录泰克公司中文网站：www.tek.com.cn

泰克中国客户服务中心全国热线：400-820-5835

泰克科技(中国)有限公司

上海市浦东新区川桥路1227号
邮编：201206
电话：(86 21) 5031 2000
传真：(86 21) 5899 3156

泰克北京办事处

北京市海淀区花园路4号
通恒大厦3楼301室
邮编：100088
电话：(86 10) 5795 0700
传真：(86 10) 6235 1236

泰克上海办事处

上海市长宁区福泉北路518号
9座5楼
邮编：200335
电话：(86 21) 3397 0800
传真：(86 21) 6289 7267

泰克深圳办事处

深圳市深南东路5002号
信兴广场地王商业大厦3001-3002室
邮编：518008
电话：(86 755) 8246 0909
传真：(86 755) 8246 1539

泰克成都办事处

成都市锦江区三色路38号
博瑞创意成都B座1604
邮编：610063
电话：(86 28) 6530 4900
传真：(86 28) 8527 0053

泰克西安办事处

西安市二环南路西段88号
老三届世纪星大厦26层L座
邮编：710065
电话：(86 29) 8723 1794
传真：(86 29) 8721 8549

泰克武汉办事处

武汉市洪山区珞喻路726号
华美达大酒店702室
邮编：430074
电话：(86 27) 8781 2760

泰克香港办事处

香港九龙尖沙咀弥敦道132号
美丽华大厦808-809室
电话：(852) 2585 6688
传真：(852) 2598 6260

更多宝贵资源，敬请登录：WWW.TEK.COM.CN

© 年泰克科技版权所有，侵权必究。泰克产品受到美国和其他国家已经签发及正在申请的专利保护。本资料中的信息代替此前出版的所有材料中的信息。本文中的技术数据和价格如有变更，恕不另行通告。TEKTRONIX 和 TEK 是泰克科技公司的注册商标。本文中提到的所有其他商号均为各自公司的服务标志、商标或注册商标。

081519 SBG 48C-61604-0

